

Е. В. Дубоделова, мл. науч. сотрудник; И. А. Хмызов, доцент;  
Т. П. Шкирандо, науч. сотрудник; А. А. Сакович, доцент

### СОКРАЩЕНИЕ РАСХОДА ТЕПЛА ПРИ ПРОПАРИВАНИИ ЩЕПЫ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

The present researches are directed on research of an opportunity of reduction of the charge of thermal energy on milling wood chips due to use to technologies of a wood pulp of reception of chemical activation of wood and full transition from scarce and expensive wood raw material of unvaluable hardwood. As the activator of wood the cheap, nontoxic reagent with high reactionary ability in relation to wood – a carbamide, and hardwood widely growing in territory of Byelorussia is used. The thermal calculations submitted in article have shown, that at decrease in temperature steaming wood chips on 20°C expenses sharp sated the pair, spent on release 1 t. A wood pulp received on defibrators installation, are reduced to 12%. It is established, that thus quality of wood sheet materials – papers, a cardboard and wood-fiber plates where this fibrous semifinished item is widely applied, remains high enough.

**Введение.** Проблема эффективного использования тепловых ресурсов в настоящее время становится все более актуальной. Производство перспективных видов волокнистых полуфабрикатов, к которым относятся различные виды древесной массы, связано с высоким уровнем потребления тепловой и электрической энергии. Древесная масса широко используется в композиции массовых видов листовых древесных материалов – древесноволокнистых плит (ДВП), бумаги и картона. Поэтому ее производство можно отнести к наиболее прогрессивной отрасли химической переработки древесины. Более того, при сравнительно низких требованиях к качеству сырья удовлетворяются высокие требования к качеству листовых древесных материалов. Таким образом, производство древесной массы является одним из самых эффективных путей комплексной переработки древесины.

В 2008 г. в г. Шклове планируется запуск производства термомеханической массы (ТММ), которая относится к самым перспективным и массовым видам древесной массы. На настоящее время в Республике Беларусь вырабатывается дефибраторная древесная масса – промежуточный продукт от производства древесноволокнистых плит мокрого способа формования, один из основных компонентов композиции кровельного картона. Эта масса по свойствам и технологии получения близка к ТММ. Производство ТММ требует 2000 кВт·ч/т энергоресурсов, получение дефибраторной древесной массы менее энергоемко – 1000 кВт·ч/т. Анализ состояния проблемы сокращения расхода энергии при производстве древесной массы показывает, что это достигается путем усложнения единичного оборудования и использования одноступенчатого размола щепы. Реализация таких технических решений требует либо полной замены оборудования, либо приобретения дополнительных линий, что в современных условиях для Республики Беларусь неприемлемо.

**Основная часть.** Одной из наиболее энергоемких технологических операций является размол щепы. При получении древесной массы для произ-

водства ДВП и кровельного картона его проводят на дефибраторных установках, среди которых широкое применение нашли дефибратор Асплунда и мельницы RT-50, RT-70 [1–6]. Основными рабочими органами дефибраторной установки являются пропарочная и размольная камеры. В пропарочной камере за короткий промежуток времени – 1–3 мин осуществляется частичное пластифицирование древесины под воздействием насыщенного пара под давлением 0,8–1,2 МПа и высокой температуры 185–190°C, в размольной камере – частичное разрушение анатомических элементов и их клеточных стенок [2, 3, 6], при этом пропаривание древесной щепы требует тепловой энергии в виде острого насыщенного пара. Следует отметить, что в технологии древесной массы традиционно используют древесину хвойных пород – ели, которая трудно поддается размолу, однако позволяет обеспечить высокие технические свойства волокнистому полуфабрикату, а следовательно, и готовой продукции – древесноволокнистым плитам, бумаге и картону [1]. Выполненные ранее на кафедре химической переработки древесины БГТУ исследования позволили предположить, что сокращение расхода тепловой энергии при получении древесной массы может быть достигнуто за счет полного перехода на мягкое, в большей степени склонное к размолу мягколиственное древесное сырье и использования активирующих добавок перед горячим размолу. Древесина мягколиственных пород дешевле хвойной, кроме того, она широко произрастает на территории Республики Беларусь (ее запасы составляют 33% от общего объема лесных ресурсов) и сравнительно мало используется в химической переработке древесины, так как не позволяет обеспечить требуемые стандартами показатели качества готовой продукции. Активирующие добавки повышают пластичность как хвойной, так и лиственной древесины, разрушают физико-химические и лигноуглеводные связи, делая ее структуру легко разделяемой на отдельные составляющие и повышая ее реакционную способность [7]. При этом в значительной степени повышаются технические свойства древесной массы, в том чис-

ле полученной из лиственных пород древесины (ее способность к набуханию, водоудержанию; склонность ее волокнистых элементов к укорачиванию, фибриллированию; механическая прочность получаемых из массы листовых древесных материалов и др.). При проведении экспериментов были испытаны следующие химические реагенты (в виде водных растворов): серная и уксусная кислоты, карбонат натрия, едкий натр, карбамид и щелок от магниев-бисульфитной варки целлюлозы. При этом наилучшие технические свойства древесной массы достигнуты с использованием растворов уксусной кислоты и карбамида. Карбамид дешевле уксусной кислоты и не токсичен, поэтому данный реагент, вводимый в количестве 3% к абсолютно сухой древесине, был принят нами в качестве основной добавки [8].

При проведении исследований в направлении сокращения расхода тепловой энергии снижали температуру пропаривания щепы при повышении доли древесины лиственных пород в композиции. Нижепредставленные расчеты, проведенные по методике [9], показывают значения возможной экономии тепловой энергии при снижении температуры при пропаривании на каждые 10°C в диапазоне 160–190°C. Расчеты были проведены применительно к такому листовому древесному материалу, как кровельный картон в условиях работы картоноделательного цеха СП ОАО «Кровля», где в составе композиции по волокну используют дефибраторную древесную массу.

Уравнение теплового баланса пропарочной камеры применительно к 1 т а. с. дефибраторной древесной массы [9]:

$$Q = G_{\text{п}}(i - c\theta) = G_{\text{сух}}c_{\text{др}}(t_{\text{к}} - t_0) + G_{\text{в}}c_{\text{в}}(t_{\text{к}} - t_0),$$

где  $G_{\text{п}}$  – расход пара на изготовление 1 т а. с. массы, кг/т а. с. массы;  $i$  – удельная энтальпия пара, кДж/кг ( $i = 2730$  кДж/кг);  $\theta$  – температура конденсата, °C ( $\theta = 100^\circ\text{C}$ );  $G_{\text{сух}}$  – масса абсолютно сухой древесины, кг;  $c_{\text{др}}$  – удельная теплоемкость сухой древесины, кДж/(кг·K) ( $c_{\text{др}} = 1,34$  кДж/(кг·K));  $t_{\text{к}}$  – температура щепы на выходе из камеры, °C;

$t_0$  – температура щепы на входе в камеру, °C;  $G_{\text{в}}$  – масса воды, кг;  $c_{\text{в}}$  – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·K) ( $c_{\text{в}} = 4,19$  кДж/(кг·K)).

Расчет материального баланса производства дефибраторной древесной массы показал, что в пропарочную камеру дефибраторов RT-50, RT-70, установленных в картоноделательном цехе, поступает:  $G_{\text{сух}} = 1151,4$  а. с. древесины;  $G_{\text{в}} = 1126,2$  кг воды.

При этом было зафиксировано, что температура щепы на входе в камеру составляет 18°C ( $t_0 = 18^\circ\text{C}$ ).

Опытным путем при проведении научно-исследовательских работ на СП ОАО «Кровля» установлено, что при работе на композиции щепы, состоящей на 100% из хвойной древесины, температура ее на выходе из пропарочной камеры дефибратора составляет 190°C ( $t_{\text{к}} = 190^\circ\text{C}$ ).

Тогда расход тепла на пропаривание хвойной щепы:

$$Q_{190} = 1151,4 \cdot 1,34(190 - 18) + 1126,2 \cdot 4,19 \times (190 - 18) = 1\,077\,004,5 \text{ кДж (36,7 кг усл. т.);}$$

$$G_{\text{п}} = 1\,077\,004,5 / (2730 - 4,19 \cdot 100) = 466,0 \text{ кг/т а. с. массы.}$$

Композиция щепы, состоящая на 70% из лиственной древесины и на 30% из хвойной древесины, требует 180°C, композиция 85 : 15 – 170°C, 100 : 0 – 160°C. Расчет расхода тепла на пропаривание данных композиций находили по вышеописанной методике. Необходимо отметить, что в условиях работы СП ОАО «Кровля» традиционно используют соотношение 70 : 30.

Результаты проведенных расчетов представлены в сводной таблице. Там же содержатся результаты испытаний кровельного картона на основные физико-механические показатели. В композиции картона была использована активированная карбамидом дефибраторная древесная масса совместно с макулатурой марки МС-13 в соотношении 30 : 70 соответственно.

Таблица

Расход тепла на пропаривание древесной щепы

Соотношение лиственной древесины и хвойной в композиции щепы, %	Температура щепы на выходе из пропарочной камеры дефибратора, °C	Расход тепла на пропарку композиции щепы для изготовления 1 т а. с. в.		Снижение расхода пара, %	Основные показатели картона *
		Расход тепла, кДж кг усл. т	Расход пара, кг		
0 : 100	190	$\frac{1\,077\,004,5}{36,7}$	466,0	0	$\frac{400}{186}$
70 : 30	180	$\frac{1\,014\,387,9}{34,6}$	438,9	5,8	$\frac{310}{151}$
85 : 15	170	$\frac{951\,771,4}{32,5}$	411,8	11,7	$\frac{256}{142}$
100 : 0	160	$\frac{890\,054,0}{30,3}$	385,1	17,3	$\frac{190}{136}$

\* В числителе представлена величина разрывного усилия при растяжении образцов кровельного картона, Н; в знаменателе – впитываемость, %.

Из таблицы видно, что снижение температуры пропаривания на каждые 10% в диапазоне 160–190°C за счет увеличения доли листовенной древесины в композиции щепы позволит экономить в среднем 6% пара на 1 т выпускаемой дефибраторной древесной массы. При этом основные показатели качества кровельного картона соответствуют требованиям СТБ 1091 на марку 333. Анализ представленных в таблице результатов расчета показал, что переход от принятой на СП ОАО «Кровля» композиции щепы, где используется 70% древесины лиственных пород и 30% древесины хвойных, на полное исключение хвойных пород позволит снизить расход пара на пропарку в среднем на 12%. При этом качество картона будет достаточно высоким.

**Заключение.** Проведенные исследования и расчеты показали, что использование древесины лиственных пород, подвергнутой химическому активированию карбамидом (расход 3% к а. с. д.) в процессе горячего размола, с последующей выработкой из нее древесной массы позволяет снизить температуру пропаривания древесной щепы на 20°C. Это приводит к снижению затрат тепловой энергии на размол древесной щепы, выражающемуся в экономии 12% пара на 1 т выпускаемого волокнистого полуфабриката, и не оказывает негативного действия на качество листовых древесных материалов.

### Литература

1. Соловьева, Т. В. Волокнистые полуфабрикаты высокого выхода на основе дефибра-

торной массы / Т. В. Соловьева, И. А. Хмызов, Д. В. Куземкин. – Минск: БГТУ, 2004. – 140 с.

2. Ласкеев, П. Х. Производство древесной массы / П. Х. Ласкеев. – М.: Лесная пром-сть, 1967. – 581 с.

3. Ребрин, С. П. Технология древесноволокнистых плит / С. П. Ребрин, Е. Д. Мерсов, В. Г. Евдокимов. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 272 с.

4. Тришин, С. П. Технология древесных плит / С. П. Тришин. – М.: МГУЛ, 2002. – 188 с.

5. Разиньков, Е. М. Производство древесных плит и пластиков / Е. М. Разиньков. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 1998. – 224 с.

6. Справочник по древесноволокнистым плитам / В. И. Бирюков [и др.]. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 184 с.

7. Соловьева, Т. В. Превращение компонентов лигноуглеводной матрицы в технологии древесноволокнистых плит: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.03 / Т. В. Соловьева. – Минск, 1998. – 259 с.

8. Химическое модифицирование древесины в технологии древесной массы / Т. В. Соловьева [и др.] // Устойчивое развитие лесов и рациональное использование лесных ресурсов: материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 6–7 дек. 2005 г. / М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, Гос. комитет по науке и технологиям Респ. Беларусь, Бел. гос. технол. ун-т; редкол.: О. А. Атрощенко, Т. В. Соловьева, С. П. Мохов. – Минск: БГТУ, 2005. – С. 275–277.

9. Производство термомеханической массы: метод. указания к дипломному проектированию / С. С. Пузырев [и др.]. – Л.: ЛТА, 1987. – 30 с.